

## 育成期における血漿中代謝成分濃度を利用した乳牛の産乳能力の育種に関する研究

著者	佐々木 修
号	615
発行年	1999
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/16296">http://hdl.handle.net/10097/16296</a>

氏 名(本籍) 佐々木 修

学 位 の 種 類 博 士 (農 学)

学 位 記 番 号 農 第 6 1 5 号

学位授与年月日 平 成 12 年 2 月 10 日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学位論文題目 育成期における血漿中代謝成分濃度を利用した乳牛の産乳能力の育種に関する研究

論文審査委員 (主 査) 教 授 山 岸 敏 宏  
教 授 小 原 嘉 昭  
教 授 菅 原 和 夫  
助教授 西 田 朗

# 論文内容要旨

わが国では、乳用牛の遺伝的改良のために、1969年度からステーション方式による種雄牛の後代検定が開始された。その後フィールド検定に移行し、1992年からは遺伝的能力の推定精度が高いアニマルモデルのBLUP(Best Linear Unbiased Prediction)法が採用されている。アニマルモデルでは、育成牛のように自分および後代の泌乳記録がない個体でも泌乳形質の遺伝的能力の推定が可能である。しかし、遺伝的能力推定の正確度が低いため、育成牛を選抜しても改良量は小さく、推定した遺伝的能力の価値が低い。このことが泌乳形質の改良を抑制する大きな要因の1つとなっている。そこで育成牛でも測定可能であり、泌乳形質と遺伝的関係を持つ形質を補助情報として用いて、育成牛の泌乳形質の遺伝的能力を正確に推定し、世代間隔を短縮することにより泌乳形質の改良速度を向上させることが必要であると考えられる。また、泌乳形質と遺伝的な関係を持つ形質を利用した改良は、泌乳形質以外の形質による新しい選抜の機会を提供する。

本研究では、泌乳形質の遺伝的能力推定における補助情報としての、生理形質の価値について検討した。生理形質は年齢および性に制限されないことに価値があり、泌乳形質の遺伝的改良を促進する効果とその実用性は、生理形質と泌乳形質との遺伝的関係の強さ、および生理形質の測定の再現性、ならびに測定の容易さに依存している。飼養頭数の少ない単位牛群では、血縁情報が十分でないためにアニマルモデルを用いても、恣意的な交配と選抜の効果を十分補正できず、推定された遺伝的能力に偏りが生じる可能性がある。この偏りを少なくするため、1章では泌乳形質の遺伝的能力評価のための適切なモデルの作成、ならびに遺伝的パラメータの推定を行い、さらに育成牛を含めた選抜を行ったときの改良効果について検討を行った(Figure 1)。2章では育成期の血漿中代謝成分濃度に影響を与える要因と実用性について検討し、その測定条件を示した。3章では血漿中代謝成分濃度の遺伝的パラメータ、および泌乳形質との遺伝的相関を推定した。4章では泌乳形質の遺伝的能力推定の際に、血漿中代謝成分濃度を補助情報として用いたときの、効果について検討を行った。5章では育成期に測定した血漿中代謝成分濃度を補助情報として利用したときの、牛群改良に対する効果について検討するとともに、総合的な考察を行った。

## 1. 単位牛群における産乳能力評価モデルの検討

北海道農業試験場ホルスタイン種牛群(北農試牛群)における泌乳記録(223頭527記録)を用い、乳量、乳脂量、乳脂率、乳タンパク質量、乳タンパク質率の遺伝率、遺伝相関、および個体の育種価を推定した。推定モデルには分娩月効果と分娩年次・産次の効果を母数効果として含めた。育種価推定の偏りについて検討するために、分娩年次を1年毎に分けた(1)式と、分娩年次を3年毎に分けた(2)式を用いた。

乳量、乳脂量、乳脂率、乳タンパク質量、乳タンパク質率の遺伝率は、(1)式でそれぞれ0.50, 0.54, 0.83, 0.43, 0.80, (2)式でそれぞれ0.43, 0.48, 0.82, 0.36, 0.80と高い値となり、(1)式より(2)式で低い傾向がみられた。(1)式では1980年以降生まれの種雄牛で乳量、乳脂量、乳タンパク質量の育種価が過小評価された。これは、血縁情報が不完全であるために、生年による種雄牛の遺伝的変異と分娩年次効果を分離できなかったことによると考えられた。このような偏りは、(2)式のように複数年の分娩

年次を同じ水準とすることで補正できることから、(1)式に比べて遺伝率が低い、単位牛群における泌乳形質の遺伝的能力推定には(2)式が適当であると考えられた。

(2)式を用いて 1989, 1992, 1995 年に推定した乳量の育種価により、それぞれ選抜を行ったときの 1998 年までの遺伝的改良効果について検討した。選抜方法は、①選抜時に北農試牛群に存在した全頭の 10%を淘汰、②同様に 20%を淘汰、③選抜時に北農試牛群に存在した頭数の 10%を泌乳記録を持つものから淘汰、④同様に 20%を淘汰する方法の 4 つの選抜方法を仮定した。選抜しなかったときの年当たりの遺伝的改良量は 59.4kg であった。①～④の選抜による年当たりの遺伝的改良量の期待値は、それぞれ 68.9kg, 79.2kg, 74.2kg, 89.6kg であった。選抜シミュレーションによる年当たりの遺伝的改良量は、①～④の選抜で、それぞれ 59.6kg, 70.2kg, 60.6kg, 75.4kg となり期待値に比べて小さかったが、大きな選抜強度を設定すれば、育成牛を含めた遺伝的能力による選抜は十分な改良効果を持つと考えられた。しかし、泌乳記録を持つ個体のみを選抜対象とした場合、遺伝的能力の低い育成牛が淘汰されないために、選抜の正確度の上昇のわりには十分な選抜効果が得られなかった。このことから、単位牛群の選抜では育成牛も選抜対象に含めることが重要と考えられた。実際の牛群では選抜強度の限界があることから、改良効果を高めるためには遺伝的能力推定の際の選抜の正確度の向上が重要である。

## 2. 産乳能力の遺伝的能力予測における補助情報としての育成期における血漿中代謝成分濃度測定条件の検討

### (1) 5 ヶ月齢時に 48 時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種雄 4 頭を用いて、21～32 週齢までの血漿中代謝成分濃度の成長に伴う変化、日内変動、および 5, 6, 7 ヶ月齢時において 48 時間絶食したときの血漿中代謝成分濃度の月齢間差を調査した。ホルスタイン種雌 4 頭を用いて、5 ヶ月齢時に 48 時間絶食したときの血漿中代謝成分濃度変化を調査した。また、ホルスタイン種雌 37 頭を用いて、5 ヶ月齢時に 48 時間絶食させたときの血漿中代謝成分濃度に与える季節の影響について調査した。

血漿中総蛋白質濃度が成長に伴って上昇し( $p<0.01$ )、総コレステロール濃度にも上昇する傾向がみられた。血漿中グルコース( $p<0.05$ )、尿素態窒素濃度( $p<0.01$ )が採血時刻の影響を受けた。絶食による血漿中グルコース濃度の低下が成長に伴って低下する傾向がみられた。5 ヶ月齢時に 48 時間絶食させた場合、全ての血漿中代謝成分濃度で絶食による変化( $p<0.01$ )がみられた(Figure 2)。血漿中尿素態窒素、遊離脂肪酸(NEFA)、総ケトン体濃度の変化は血漿中グルコース濃度低下と時間的な関連があり、これらの濃度変化量は絶食 24 時間目前後を境に 2 つの局面を持った。絶食中の血漿中 NEFA ( $p<0.01$ )と総ケトン体濃度( $p<0.05$ )は、絶食を負荷した季節の効果が有意であった。泌乳形質との遺伝的關係を解析する際、月齢、採血時刻、絶食の長さ、および絶食を負荷する季節を考慮する必要があると考えられた。

### (2) 生後 90 日齢までの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種子牛 30 頭(雌 21, 雄 9)を用いて、生後 90 日齢までの成長にともなう血漿中代謝成分濃度変化、および血漿中代謝成分濃度に与える飼養環境および性の

影響について調査した(Figure 3). 血漿中代謝成分濃度の生後変化は, 30 日齢と 60 日齢の 2 回変化し, 40~60 日齢では濃度が一定であった. 成長に伴う変化は, 穀物摂取量の増加によるルーメンの発達と関係があると考えられた. 環境効果グループ( $p<0.01$ ), 性( $p<0.01$ ,  $p<0.05$ ), および環境グループと性の交互作用( $p<0.01$ )は, ほとんどすべての成分で有意であり, 泌乳形質との遺伝的関係を解析する際, 測定日齢, 測定季節, 性, 測定季節と性の交互作用を考慮する必要があると考えられた.

### (3)40 日齢時に 24 時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種子牛 22 頭(雌 11, 雄 11)を用いて, 40 日齢前後に 24 時間絶食させた時の血漿中代謝成分濃度変化を測定した(Figure 4). 給餌後の血漿中代謝成分濃度の変化から, 5 ヶ月齢時に比べて供試した個体のルーメンは十分発達していないと考えられた. 絶食による血漿中代謝成分濃度変化は, 血漿中中性脂肪濃度を除き 5 ヶ月齢時に絶食負荷したときとほぼ一致したが, その変動が早いことから, 5 ヶ月齢時に比べて短時間の絶食でも十分大きい効果を持つと考えられた. 血漿中代謝成分濃度は, 全ての成分で絶食時環境効果が有意( $p<0.01$ )であり, 血漿中総ケトン体濃度を除く全ての血漿中代謝成分濃度で性の効果が有意( $p<0.01$ )であった. 泌乳形質との遺伝的関係を解析する際, 絶食の長さ, 絶食を負荷する季節, および性の効果を考慮する必要があると考えられた.

### (4)40 日齢時に 24 時間絶食負荷後グルコース投与したときの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種子牛 37 頭(雌 20, 雄 17)を用いて, 40 日齢前後に 24 時間絶食負荷後グルコースを投与したときの血漿中代謝成分濃度変化を測定した(Figure 5). 血漿中グルコース濃度は, グルコース投与 10 分後に最高となり, その後低下した. 血漿中 NEFA および総ケトン体濃度が血漿中グルコース濃度の低下に対応して変化した. グルコース投与後の血漿中グルコース, NEFA, 総ケトン体濃度では, 絶食時環境効果が有意( $p<0.01$ )であり, 性の効果は有意でなかった. 泌乳形質との遺伝的関係を解析する際, グルコース投与後の時間, 絶食を負荷する季節を考慮する必要があるが, 性の効果は無視できると考えられた.

## 3. 育成期における血漿中代謝成分測定値の遺伝的パラメータと血漿中代謝成分測定値と泌乳形質との遺伝的関係の解析

### (1)5 ヶ月齢時に 48 時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種雌 37 頭を 5 ヶ月齢時に 48 時間絶食させ, 血漿中代謝成分濃度の遺伝率を推定した. また, 238 頭 566 記録の泌乳成績を用いて, 血漿中代謝成分濃度と泌乳形質との遺伝相関を推定した. 血漿中尿素態窒素, グルコース, 中性脂肪濃度および濃度変化量の遺伝率が大きく(Table 1), 測定の再現性が高いと考えられた. 乳量は血漿中グルコース, NEFA, 中性脂肪, 総ケトン体濃度および血漿中尿素態窒素, グルコース, NEFA, 中性脂肪濃度変化量と, 乳脂量は血漿中中性脂肪濃度変化量と, 乳タンパク質量は血漿中総ケトン体濃度, 血漿中グルコース, 中性脂肪濃度変化量は強い遺伝相関を示した(Table 1).

### (2)生後 90 日齢までの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種子牛 43 頭(雌 29, 雄 14)を 90 日齢まで, 9 頭(雌 3, 雄 6)を 60 日齢まで採血

し、10～30日齢、40～60日齢、70～90日齢の血漿中代謝成分濃度の遺伝率を推定した。また、238頭566記録の泌乳成績を用いて、血漿中代謝成分濃度と泌乳形質との遺伝相関を推定した。10～90日齢までの血漿中尿素態窒素、グルコース、および総ケトン体濃度の遺伝率、40～90日までの血漿中総コレステロール、中性脂肪濃度の遺伝率が高く(Table 2)、測定の実現性が高いと考えられた。乳量は40～90日齢の血漿中尿素態窒素および総コレステロール濃度、10～60日齢の血漿中グルコース濃度、70～90日齢の血漿中NEFA濃度と強い遺伝相関を示した(Table 2)。乳脂量は10～30日齢の血漿中グルコース、70～90日齢の血漿中総コレステロール濃度、40～60日齢の血漿中NEFA濃度、40～60日齢の血漿中総ケトン体濃度と強い遺伝相関を示した。乳タンパク質量は、10～30日齢のグルコース、70～90日齢の総コレステロール、40～90日齢のNEFAと強い遺伝相関を示した。

### (3)40 日齢時に 24 時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種子牛 57 頭(雌 29, 雄 28)を 40 日齢前後に 24 時間絶食させ、血漿中代謝成分濃度の遺伝率を推定した。また、238 頭 566 記録の泌乳成績を用いて、血漿中代謝成分測定値と泌乳形質との遺伝相関を推定した。血漿中尿素態窒素、グルコース、NEFA、中性脂肪、総ケトン体濃度および濃度変化量の遺伝率が高く(Table 3)、測定の実現性が高いと考えられた。乳量は血漿中尿素態窒素と NEFA 濃度および血漿中グルコース、NEFA、中性脂肪濃度変化量と強い遺伝相関を示した(Table 3)。乳脂量は血漿中グルコース濃度と、乳タンパク質量は血漿中尿素態窒素、グルコース、総ケトン体濃度、および血漿中 NEFA、中性脂肪濃度変化量と強い遺伝相関を示した。

### (4)40 日齢時に 24 時間絶食負荷後グルコース投与したときの血漿中代謝成分濃度

ホルスタイン種子牛 37 頭(雌 20, 雄 17)を 40 日齢前後に 24 時間絶食負荷後グルコースを投与し、血漿中代謝成分濃度の遺伝率を推定した。また、238 頭 566 記録の泌乳成績を用いて、血漿中代謝成分濃度と泌乳形質との遺伝相関を推定した。血漿中グルコース、NEFA、総ケトン体濃度および濃度変化量の遺伝率は、投与後の時間に関わらず高い値となった(Table 4)。絶食後のグルコース投与が絶食だけの刺激よりも個体に均質な刺激を与え、より再現性の高い測定値が得られると考えられた。乳量は、投与 40～60 分後の NEFA 濃度変化量を除く、10～60 分後の全ての血漿中代謝成分濃度および濃度変化量と強い遺伝相関を示した(Table 4)。乳脂量は、40～60 分後の総ケトン体濃度変化量を除く、10～60 分後の全ての血漿中代謝成分濃度および濃度変化量と強い遺伝相関を示した。乳タンパク質量は、10～60 分後の血漿中 NEFA、総ケトン体濃度または血漿中グルコース、総ケトン体濃度変化量、40～60 分後の血漿中 NEFA 濃度変化量と強い遺伝相関を示した。

## 4. 育成期における血漿中代謝成分濃度測定値を産乳形質の遺伝的能力予測に用いた場合の効果の検討

### (1)5 ヶ月齢時に 48 時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度

泌乳記録を持たない個体で、5 ヶ月齢時に 48 時間絶食させたときの血漿グルコース、NEFA、中性脂肪濃度または血漿中尿素態窒素、グルコース、NEFA、中性脂肪濃度変化量の利用により乳量の選抜の正確度が 13～58%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を 5～27%上昇させることが期待できる。乳量の選抜の正確度の上昇に最も大きな効果を

示したのは、血漿中中性脂肪濃度変化量であった。乳脂量の選抜の正確度を有意に上昇させる血漿中代謝成分はなかった。血漿中中性脂肪濃度の利用により、乳タンパク質量の選抜の正確度が46%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を25%上昇させることが期待できる。

#### (2)生後90日齢までの血漿中代謝成分濃度

泌乳形質を持たない個体で、40～90日齢の血漿中尿素態窒素濃度、10～60日齢の血漿中グルコース濃度、70～90日齢の血漿中総コレステロール濃度の利用により乳量の選抜の正確度が8～18%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を5～10%上昇させることが期待できる。10～30日齢の血漿中グルコース濃度、70～90日齢の血漿中総コレステロール濃度、40～60日齢の血漿中総ケトン体濃度の利用により、乳脂量の選抜の正確度が6～24%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を3～13%上昇させることが期待できる。10～30日齢の血漿中グルコース濃度、70～90日齢の血漿中総コレステロール濃度、40～60日齢の血漿中NEFA濃度の利用により、乳タンパク質量の選抜の正確度が9～19%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を7～14%上昇させることが期待できる。乳量の選抜の正確度の上昇にもっとも大きな効果を示したのは70～90日齢の血漿中総コレステロール濃度、乳脂量の選抜の正確度の上昇に最も大きな効果を示したのは10～30日齢の血漿中グルコース濃度、乳タンパク質量の育種価の選抜の正確度の上昇に最も大きな効果を示したのは40～60日齢の血漿中NEFA濃度であった。

#### (3)40日齢時に24時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度

泌乳記録を持たない個体で、40日齢前後に24時間絶食させた時の血漿中尿素態窒素、NEFA濃度および血漿中グルコース、NEFA、中性脂肪濃度変化量の利用により乳量の選抜の正確度が11～23%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を3～10%上昇させることが期待できる。血漿中グルコース濃度の利用により、乳脂量の選抜の正確度が22%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を10%上昇させることが期待できる。血漿中尿素態窒素、グルコース、総ケトン体濃度または血漿中NEFA、中性脂肪濃度変化量の利用により、乳タンパク質量の選抜の正確度が11～13%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を5～7%上昇させることが期待できる。乳量の選抜の正確度の上昇に最も大きな効果を示したのは血漿中グルコース濃度変化量、乳タンパク質量の選抜の正確度の上昇に最も大きな効果を示したのは血漿中グルコース濃度であった。

#### (4)40日齢時に24時間絶食負荷後グルコース投与したときの血漿中代謝成分濃度

泌乳記録を持たない個体で、40日齢前後に24時間絶食負荷後グルコースを投与したときの血漿中グルコース、NEFA、総ケトン体濃度または血漿中グルコース、総ケトン体濃度変化量、投与10～30分後のNEFA濃度変化量の利用により乳量の選抜の正確度が17～94%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を7～53%上昇させることが期待できる。血漿中グルコース、NEFA濃度、投与10～30分後の血漿中総ケトン体濃度または血漿中グルコース、NEFA濃度変化量の利用により、乳脂量の選抜の正確度が6～61%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を2～31%上昇させることが期待できる。血漿中NEFA、総ケトン体濃度または血漿中総ケトン体濃度変化量、投与40～60分後のNEFA濃度変化量の利用により、乳タンパク質量の選抜の正確度が22～102%上昇し、選抜の正確度の牛群平均を11～61%上昇させることが期待できる。乳量の選抜の正確度の

上昇に最も大きな効果を示したのは、投与後 40～60 分までの血漿中総ケトン体濃度変化量、乳脂量および乳タンパク質量の選抜の正確度の上昇に最も大きな効果を示したのは、投与後 40～60 分までの血漿中 NEFA 濃度変化量であった。

## 5. 総合考察

本研究では、育成期に 4 つの異なる測定条件下における血漿中代謝成分濃度を測定し、その遺伝的パラメータを推定することで、血漿中代謝成分濃度の遺伝的性質を明らかにした。また、泌乳形質と育成期の血漿中代謝成分濃度との遺伝的関係を明らかにした。さらに、泌乳形質の遺伝的能力推定の補助情報として育成期の血漿中代謝成分濃度を用いたときの泌乳形質の遺伝的能力推定の正確度に与える効果を予測することで、実際の選抜に育成期の血漿中代謝成分濃度測定値を用いたときの改良効果についても明らかにした。本研究で測定した 4 種類の測定条件において、40 日齢前後に 24 時間絶食負荷後グルコースを投与したときの血漿中代謝成分濃度および濃度変化量が、泌乳形質の遺伝的能力推定の補助情報として最も効果が大きいと考えられた。ここで測定された血漿中代謝成分測定値の利点は、遺伝率が高く測定の再現性が高い、乳量、乳脂量、乳タンパク質量の全ての泌乳形質に対して多くの成分が効果を示すということにある。しかし、実験操作が複雑で測定が難しいという問題がある。2 番目に効果が大きかったのは、5 ヶ月齢時に 48 時間絶食したときの血漿中代謝成分濃度および濃度変化量であった。ここで測定された血漿中代謝成分測定値の利点は、NEFA を除き遺伝率が高く測定の再現性が高い、乳量に対しては多くの成分で効果を示すということにある。しかし、乳脂量に対して効果を示す成分がない、絶食時間が 48 時間と長いという問題がある。生後 90 日齢までの血漿中代謝成分濃度と、40 日齢時に絶食を負荷したときの血漿中代謝成分濃度は、泌乳形質の遺伝的能力予測に対してほぼ同程度の効果を持つと考えられた。生後 90 日齢までの血漿中代謝成分濃度の利点は、特別な負荷を行わないために 4 つの方法の中で最も測定が容易であるということにある。しかし、測定日齢や測定時の栄養状態、採血時刻の影響を受けるという問題がある。40 日齢時に絶食を負荷したときの血漿中代謝成分濃度の利点は、測定時の血漿中代謝成分濃度の変動が小さく、遺伝率も高いことから測定の再現性が高いこと、乳量、乳脂量、乳タンパク質量の全ての泌乳形質に対して多くの成分で効果があり、絶食時間が 24 時間と短く測定が容易であるということにある。

飼養頭数の少ない単位牛群においては、泌乳形質の選抜の正確度の高い成牛のみの選抜には限界があり、効率的な遺伝的改良には育成牛の選抜が重要である。本研究で供試した頭数は、遺伝的パラメータを正確に推定するには必ずしも十分ではないが、2 世代にわたって、同一個体における育成期の血漿中代謝成分と泌乳の両形質を精密に測定したことで、フィールドデータからでは得られない精度の高い遺伝的パラメータが得られた。これまでも血漿中代謝成分濃度と泌乳形質の遺伝的能力との相関についての報告は多くなされてきたが、2 世代にわたって同一個体における血漿中代謝成分と泌乳の両形質を測定し、遺伝的パラメータまで推定した報告はない。したがって、本報告において推定した遺伝的パラメータは貴重であり、重要性が高い。また、育成期に測定された形質を補助情報として利用した場合の、泌乳形質の遺伝的能力推定の



正確度に対する効果にまで言及した報告はなく、今後の補助形質を用いた泌乳形質の育成期選抜に関する研究の発展において本研究の結果は重要である。本研究の成果は、育成牛の選抜による泌乳形質の効率的な遺伝的改良の可能性を示しただけではなく、候補種雄牛の1次選抜や単位牛群内での育成牛比率の低減による経営効率の向上など、乳牛の改良や経営戦略の発展に大きく寄与するものである。

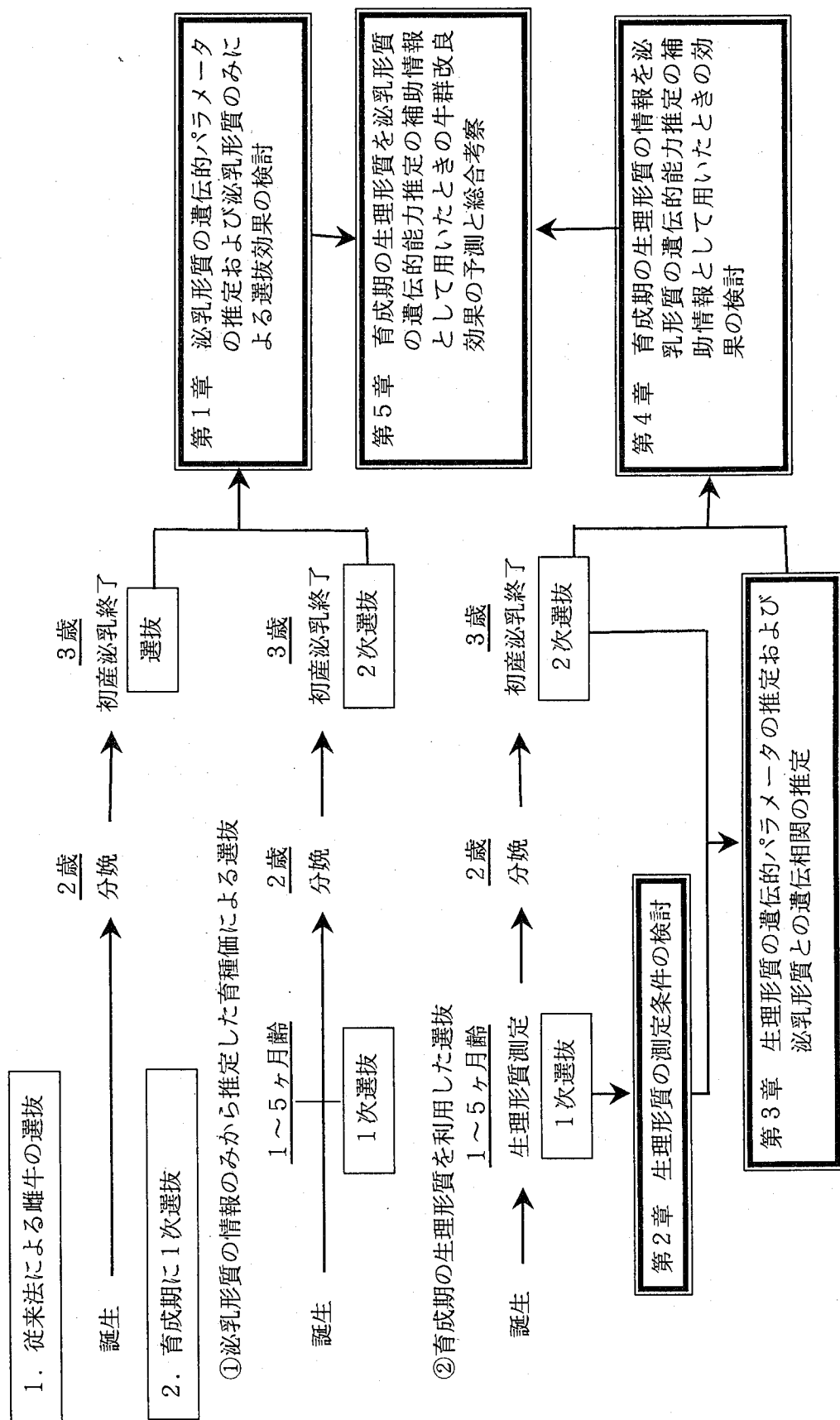


Figure 1. 研究の流れ図

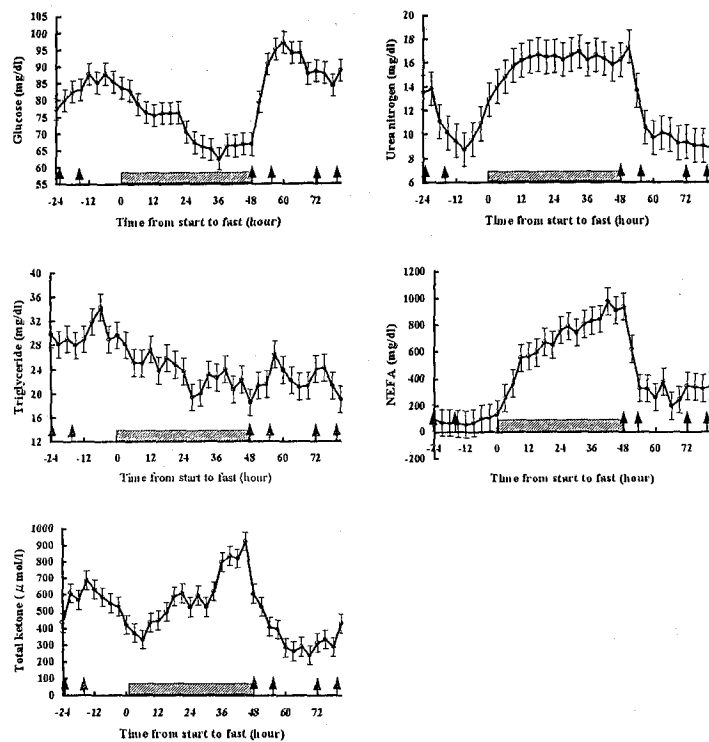



Figure 2. Concentrations of glucose, urea nitrogen, triglyceride, non-esterified fatty acids (NEFA) and total ketone during blood sampling period. Calves were fasted for 48 hours (  ). The time zero is starting time of fasting. Feedings are indicated  $\uparrow$ .

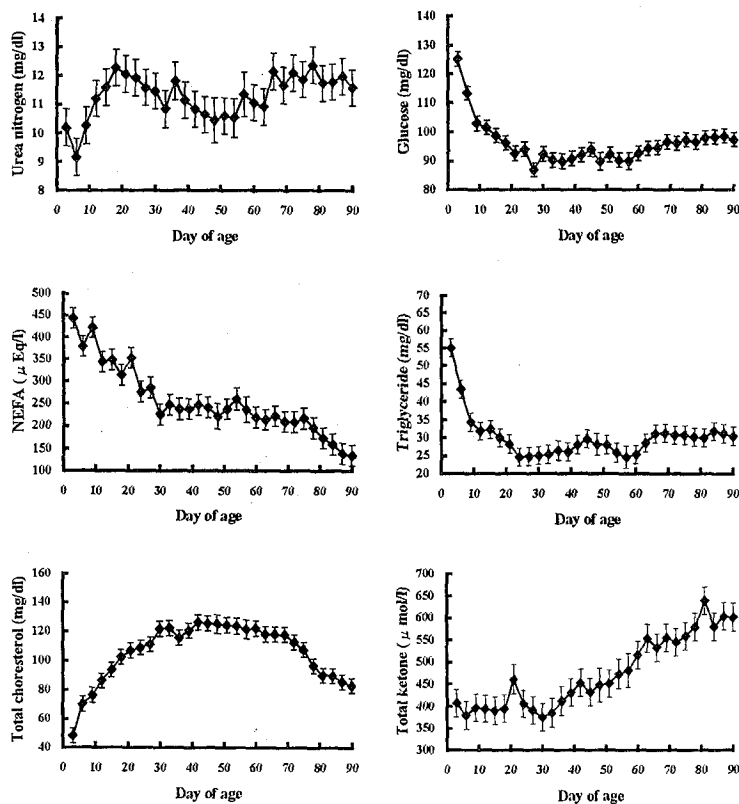


Figure 3. Least square means of concentrations of plasma urea nitrogen, glucose, non-esterified fatty acids (NEFA), triglyceride, total cholesterol and total ketone in calves during 3 to 90 d of age. Vertical bars denote the standard error at each sampling day.

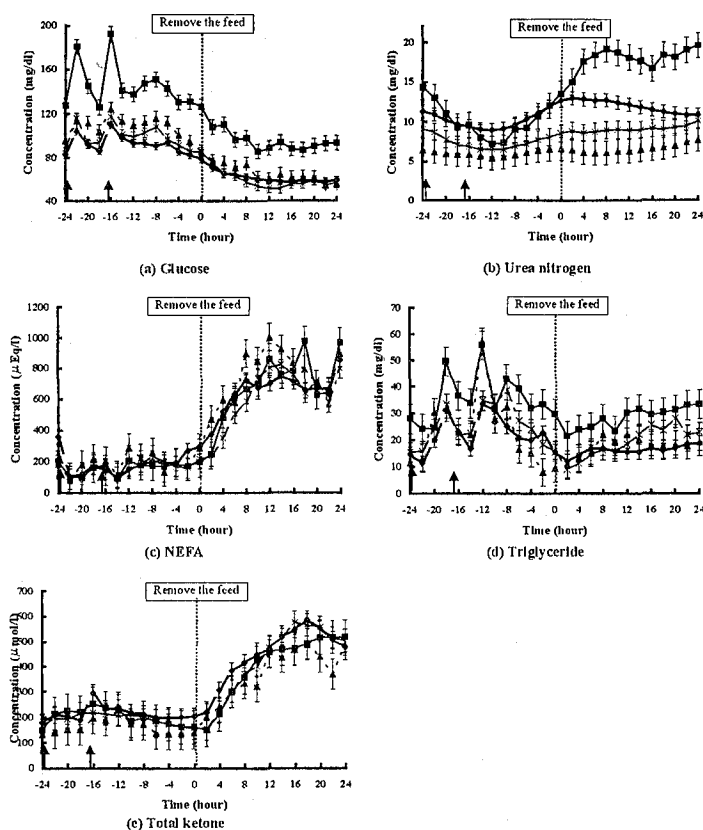


Figure 4. Least square means of concentrations of plasma glucose, urea nitrogen, non-esterified fatty acids (NEFA), triglyceride and total ketone in calves during 10 to 90 d of age. Vertical bars denote the standard error at each sampling day.

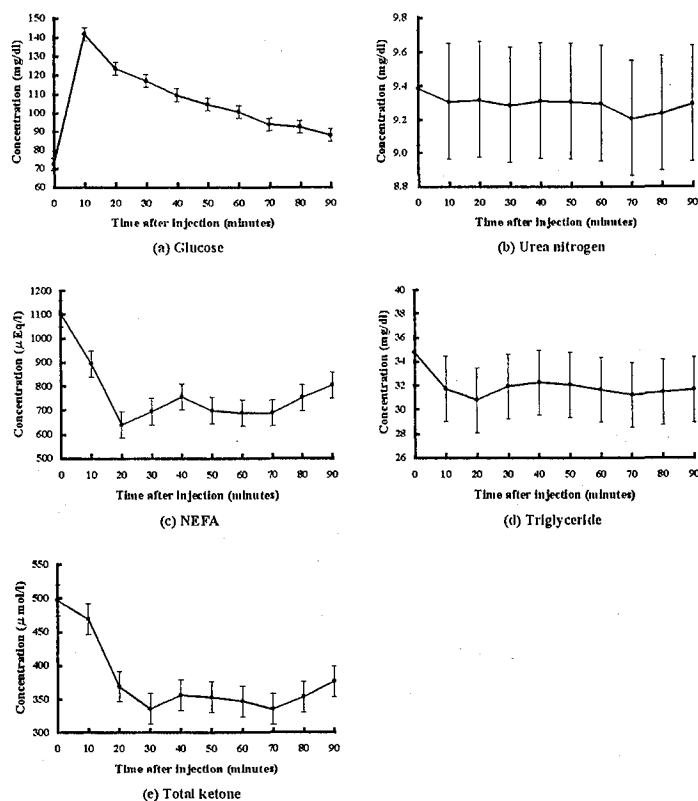


Figure 5. Least square means of concentrations of plasma glucose, urea nitrogen, non-esterified fatty acid (NEFA), triglyceride and total ketone in calves after glucose injection. Vertical bars denote the standard error at each sampling day.

Table 1. Heritabilities for plasma metabolites concentrations during fasting and change in plasma metabolites concentrations from the start of fasting and genetic correlation to milk production traits.

	Heritability	Genetic correlation		
		Milk yield	Fat yield	Protein yield
		Concentration		
Urea nitrogen	0.85	0.17	0.11	-0.06
Glucose	0.80	0.33	-0.03	0.19
NEFA <sup>1)</sup>	0.16	0.71	0.01	0.15
Triglyceride	0.94	0.44	0.10	0.12
Total ketone	0.16	0.36	-0.16	-0.36
		Concentration change		
Urea nitrogen	0.36	0.48	0.12	-0.05
Glucose	0.71	0.51	0.15	0.26
NEFA	0.36	0.56	-0.04	0.11
Triglyceride	0.85	0.77	0.28	0.64
Total ketone	0.16	0.24	-0.00	-0.12

<sup>1)</sup> Non-esterified fatty acid

Table 2. Heritability for plasma metabolites concentrations during 10 to 30 days of age, during 40 to 60 days of age and during 70 to 90 days of age and genetic correlation to milk production traits.

	Heritability	Genetic correlation		
		Milk yield	Fat yield	Protein yield
		10 to 30 days of age		
Urea nitrogen	0.38	0.08	0.00	-0.04
Glucose	0.45	-0.35	0.64	0.35
Total cholesterol	0.28	0.10	-0.03	-0.23
NEFA <sup>1)</sup>	0.00	0.01	0.01	0.01
Triglyceride	0.24	0.01	-0.13	-0.19
Total ketone	0.89	0.04	-0.10	0.11
		40 to 60 days of age		
Urea nitrogen	0.59	0.35	-0.07	0.00
Glucose	0.58	-0.41	0.14	0.04
Total cholesterol	0.61	0.26	0.06	0.08
NEFA	0.26	0.17	0.30	0.61
Triglyceride	0.69	-0.02	-0.05	-0.23
Total ketone	0.91	-0.15	-0.27	-0.01
		70 to 90 days of age		
Urea nitrogen	0.73	0.43	0.22	0.10
Glucose	0.66	-0.08	0.12	0.08
Total cholesterol	0.83	0.58	0.42	0.45
NEFA	0.08	-0.32	0.15	0.46
Triglyceride	0.74	0.05	-0.06	-0.17
Total ketone	0.91	-0.16	-0.18	0.02

<sup>1)</sup> Non-esterified fatty acid

Table 3. Heritability for plasma metabolites concentrations during fasting and change in plasma metabolites concentrations from the start of fasting and genetic correlation to milk production traits.

	Heritability	Genetic correlation		
		Milk yield	Fat yield	Protein yield
		Concentration		
Urea nitrogen	0.92	0.30	0.15	-0.28
Glucose	0.79	0.15	0.49	0.34
NEFA <sup>1)</sup>	0.49	-0.43	-0.20	-0.12
Triglyceride	0.86	0.14	-0.12	0.02
Total ketone	0.73	-0.21	0.11	-0.32
		Concentration change		
Urea nitrogen	0.82	-0.20	0.13	-0.08
Glucose	0.62	0.50	0.24	0.12
NEFA	0.37	-0.40	-0.23	-0.37
Triglyceride	0.80	0.40	-0.13	0.30
Total ketone	0.62	-0.23	0.18	-0.16

<sup>1)</sup> Non-esterified fatty acid

Table 4. Heritability for plasma metabolites concentrations and change in plasma metabolites concentrations after glucose injection and genetic correlation between milk production traits.

	Heritability		Genetic correlation					
			Milk yield		Fat yield		Protein yield	
	P1 <sup>1)</sup>	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
	Concentration							
Glucose	0.60	0.76	0.74	0.65	-0.43	-0.34	-0.05	0.05
NEFA <sup>2)</sup>	0.83	0.77	-0.52	-0.80	-0.82	-0.78	-0.95	-0.42
Total ketone	0.93	0.97	-0.46	-0.63	-0.33	-0.23	-0.49	-0.43
	Concentration change							
Glucose	0.57	0.73	0.50	0.41	-0.45	-0.23	-0.24	-0.21
NEFA	0.65	0.85	-0.47	-0.02	0.71	0.83	0.04	1.00
Total ketone	0.60	0.92	-0.72	-1.00	-0.23	0.10	-1.00	-0.92

Genetic covariance are above diagonal and residual variance are below diagonal in each block.

<sup>1)</sup> P1 is used the data at 10, 20, 30 minutes after glucose injection. Change in plasma glucose concentration in P1 is used at 20, 30 minutes after injection. P2 is used the data at 40, 50, 60 minutes after glucose injection.

<sup>2)</sup> Non-esterified fatty acid

## 論文審査結果要旨

乳牛の育種において、泌乳形質が成雌牛でしか測定できないことが、選抜の世代間隔の長さを規定しており、改良速度の向上を制限する大きな要因となっている。著者は、育成期に測定した血漿中代謝成分の情報をを用いることで、育成期に正確に泌乳形質の遺伝的能力を推定する可能性と泌乳能力の改良に与える効果について検討した。

血漿中代謝成分測定値として、(1)5ヶ月齢時に48時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度および濃度変化量、(2)生後90日齢までの給餌前の血漿中代謝成分濃度、(3)40日齢時に24時間絶食負荷したときの血漿中代謝成分濃度および濃度変化量、(4)40日齢時に24時間絶食させた後グルコースを投与したときの血漿中代謝成分濃度および濃度変化量を測定し、血漿中代謝成分測定値に与える飼養環境、性、年齢等の要因を明らかにした。また、これらの血漿中代謝成分測定値の遺伝率等の遺伝的パラメータおよび泌乳形質との遺伝相関を明らかにした。

血漿中代謝成分測定値の遺伝的パラメータに関する報告は少ない。また、同一個体で血漿中代謝成分と泌乳形質を測定し、血漿中代謝成分と泌乳形質との遺伝相関を推定した報告は、海外を含めてもない。したがって、これらの遺伝的パラメータの推定値は重要である。

著者はさらに、血漿中代謝成分濃度を補助情報として用いた場合の、泌乳形質の遺伝的能力推定の正確度に与える効果についても検討し、泌乳記録を持たない個体の選抜の正確度を上昇させる効果が大きいことを明らかにした。また、血漿中代謝成分濃度を補助情報として利用した場合の、泌乳形質の遺伝的能力推定の正確度の牛群平均に与える効果も明らかにし、泌乳形質の遺伝的改良に十分な効果が期待できることを示した。育成期に測定される補助情報を利用した場合の、泌乳形質の選抜の正確度に対する効果に言及した報告はこれまでなく、今後の補助形質を用いた泌乳形質の育成期選抜の研究の発展において重要である。実際の牛群では、全体の40%程度しか泌乳記録を持たないことから、雌牛側からの遺伝的改良において、泌乳記録を持たない個体において泌乳形質の遺伝的能力を正確に推定することは重要である。また現在、両親の能力や成長形質によって選定されている、候補種雄牛の1次選抜への応用の可能性も考えられ、育成期に泌乳形質の遺伝的能力を正確に推定することの、乳牛の遺伝的改良に与える効果は大きいと考えられる。

以上の成果は乳牛の改良に寄与するとともに、家畜の育種を進める上で大きな貢献をなすことから、審査員一同は著者に博士(農学)の学位を授与することが適当と判断した。